

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tuotantojohtaminen

2016

Oskari Hyvönen

# BETONIELEMENTIN VALMISTUSPROSESSIN LAADUNVALVONTA

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma | Tuotantojohtaminen

2016 | 33 + 2

Esa Leinonen

Oskari Hyvönen

# BETONIELEMENTIN VALMISTUSPROSESSIN LAADUNVALVONTA

Opinnäytetyön tavoitteena on käydä läpi betonielementin valmistusprosessin aikana tapahtuva monipuolinen laadunvalvonta, joka perustuu elementtitehtaalla noudatettaviin Rakennusteollisuus RT ry:n ja Suomen Betoniyhdistys ry:n standardeihin ja määräyksiin. Tämän lisäksi tarkoituksena oli myös käydä läpi havaittuja virheitä ja pohtia kehityskohtia laadunvalvonnan parantamiseksi.

Työn teoriaosuudessa käydään läpi kiviaineksen, betonimassan ja betonielementtien laadunvalvonnan pääperiaatteet sekä betonielementin valmistusprosessin eri vaiheet aina raaka-aineiden käytöstä valmiiseen tuotteeseen asti.

Teoreettisen tiedon ohella työssä on myös hyödynnetty empiiristä tietoa, joka perustuu tehtaan toimintaa seuraamalla tehtyihin havaintoihin ja omiin kokemuksiin. Näin ollen työssä on pystytty tarkastelemaan ja nostamaan esiin niitä työvaiheita, joissa yleisimmin laadunvalvonnan läpi pääsee virheellisiä tuotteita. Ongelmallisten työvaiheiden selvittäminen on ollut erityisenä mielenkiinnon kohteena, sillä sitä kautta voidaan vähentää virheellisten tuotteiden päätymistä asiakkaalle asti.

ASIASANAT:

Betoni, betonielementti, laadunvalvonta

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Production Management

2016 | 33 + 2

Instructor Esa Leinonen

Oskari Hyvönen

# QUALITY CONTROL IN THE MANUFACTURING PROCESS OF PRECAST CONCRETE

The main theme in this Bachelor's thesis is diverse quality control in the manufacturing process of precast concrete that is based on standards and regulations of the construction industry and concrete association. In addition to this, the purpose was to study the identified errors and consider the development of the points for the improvement of quality control.

The theoretical part reviews of aggregate, concrete mass and precast concrete quality control as well as different stages in the manufacturing process of precast concrete from the use of raw material until the finished product.

Along with theory, empirical knowledge is also exploited and it is founded on observations and personal experiences made by observing the operation in a factory. Consequently, it has been possible to view and address the work stages in which defective products most commonly face quality control. Determining the problematic stages has been of particular interest, since through them the quantity of defective products to the customer can be reduced.

## KEYWORDS:

Concrete, precast concrete, quality control

# SISÄLTÖ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 JOHDANTO</b>  | <b>6</b>  |
| 1.1 Mures Oy   | 6         |
| 1.2 Tausta ja tavoite  | 6         |
| <b>2 BETONIELEMENTTIEN LAADUNVALVONTA</b>                            | <b>8</b>  |
| <b>3 BETONIN VALMISTUKSEN LAADUNVALVONTA</b>                         | <b>10</b> |
| 3.1 Kiviaineksen testaaminen   | 10        |
| 3.2 Tuotannon aikainen laadunvalvonta                                | 11        |
| 3.3 Kiviaineksen valmistus, varastointi, kuormaus ja kuljetuskalusto | 11        |
| 3.4 Betonimassan valmistuksen laadunvalvonta                         | 12        |
| 3.5 Tuoreen betonimassan testaus                                     | 16        |
| 3.6 Kovettuneen betonin testaaminen                                  | 17        |
| 3.7 Testauslaitteisto  | 18        |
| 3.8 Koekappalemuotit   | 19        |
| <b>4 BETONIELEMENTTIEN VALMISTUKSEN LAADUNVALVONTA</b>               | <b>22</b> |
| 4.1 Materiaalien vastaanottotarkastukset                             | 23        |
| 4.2 Elementin valmistuksen laadunvalvonta                            | 23        |
| 4.3 Valmistettujen elementtien laadunvalvonta                        | 26        |
| 4.4 1-luokan erityisvaatimukset                                      | 27        |
| <b>5 LAADUNVALVONNASSA ESILLE NOUSSEET VIRHEET</b>                   | <b>28</b> |
| 5.1 Poikkeamat vastaanotetuissa materiaaleissa                       | 28        |
| 5.2 Sisäinen poikkeama   | 28        |
| 5.3 Ulkoinen poikkeama   | 29        |
| 5.4 Betonin laadunvalvonnan poikkeamat                               | 30        |
| <b>6 YHTEENVETO</b>  | <b>31</b> |
| <b>LÄHTEET</b>   | <b>33</b> |

## **LIITTEET**

Liite 1. Osa-aineiden valvonta

Liite 2. Valmistusmenetelmien ja betonin ominaisuuksien valvonta

## **KUVAT**

|   |    |
|---|----|
| Kuva 1. Ilmamäärämittari.                           | 17 |
| Kuva 2. Puristuslujuuden testauslaite.              | 19 |
| Kuva 3. Muovinen koekappalemuotti.                  | 20 |
| Kuva 4. Mureksen käyttämät elementin tunnistelaput. | 22 |
| Kuva 5. Elementin laadunvarmistuskortti.            | 25 |

## **TAULUKOT**

|  |    |
|--|----|
| Taulukko 1. Osa-aineiden valvonnan pääkohdat.                        | 13 |
| Taulukko 2. Valmistusmenetelmien ja betonin ominaisuuksien valvonta. | 14 |

## **KUVIOT**

|  |    |
|--|----|
| Kuvio 1. Laadunvarmistusprosessin tarkistusmenetelmät. | 26 |
|--|----|

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Mures Oy

Mures Oy on Turussa toimiva betonielementtitehdas, joka on aloittanut toimintansa vuonna 2013. Yrityksen työkanta muodostuu pääsääntöisesti Varsinais-Suomen alueelle rakennettavista betonielementtikerrostaloista.

Elementtitehtaan yhteydessä toimii yrityksen oma valmisbetoniasema, joka toimittaa betonin hallissa valmistettaviin elementteihin ja ulkopuoliselle betonin toimittajalle. Ulkopuolisena betonitoimittajana toimii PS-Betonipumppaus Oy. Yrityksen pääasialliseen tuotantoon kuuluvat julkisivu-, pilari-, palkki-, laatta- ja parveke-elementit.

Mureksen elementit valmistetaan harmonisoidun tuotestandardin mukaisesti. Tästä seuraa, että elementit ovat sekä sertifioituja että CE-merkittyjä. CE-merkintä betonielementissä tarkoittaa, että valmistettu elementti on tarkastettu testimenetelmällä, joka on harmonisoidun tuotestandardin mukainen, ja että elementti täyttää ilmoitetun suoritustason. Betonielementin CE-merkintä ei yksinään takaa tuotteen soveltuvuutta käytettävässä kohteessa.

## 1.2 Tausta ja tavoite

Opinnäytetyön aihe syntyi työskennellessä Mures Oy:n elementtitehtaalla työnjohtajan roolissa. Aiheesta käytiin keskustelua vanhemman työnjohtajan kanssa, ja keskustelujen lopuksi katsottiin tarpeelliseksi kehittää laadunvalvontaa syventymällä siihen, mitkä laadunvalvonnan vaiheet eivät noudata sovittuja menetelmiä.

Tämän työn tavoitteena on käydä läpi laadunvalvonnan pääperiaatteet, joita tarkastellaan Betoniyhdistys ry:n kirjallisuuteen perustuen ja omaan kokemukseen työnjohtajana elementtien laadunvalvonnassa. Lisäksi tarkoituksena on selvittää, miksi laadunvalvonnan lävitse pääsee virheellisiä tuotteita betonielementtitehtaalla. Tavoitteena on löytää ne työvaiheet, joissa laadunvalvonnan virheet yleensä tapahtuvat. Näiden vaiheiden selvittäminen on tärkeää, jotta jatkossa voidaan vähentää virheellisten tuotteiden pääsemistä laadunvalvonnan läpi. Työ antaa myös tietoa elementtitehtaan laadunvalvonnalle oleellisimmista asioista sekä tarkastelee sitä, mitä laadukkaita tuotteita edel-

lyttävät sen tekijältä. Näin ollen tämän työn perimmäisenä tarkoituksena on parantaa laadunvalvontaa suotuisempaan suuntaan elementtitehtaalla, jotta laatupoikkeamia ei pääsisi syntymään ja laatukustannukset pysyisivät alhaisina.

## 2 BETONIELEMENTTIEN LAADUNVALVONTA

Betonirakenteiden kelpoisuuden varmistamiseksi on suoritettava valmistuksen laadunvalvontaa. Betonin valmistuksesta, betonoinnista ja sen jälkeen tapahtuvasta käsittelystä tehdään laadunvalvonnan yhteydessä muistiinpanot, joiden perusteella on tarvittaessa mahdollista jälkeenpäin selvittää työnsuorituksen tapahtumat (BY 50 Betoninormit 2012, 144).

Valmisbetonin ja betonielementtien valmistusta kutsutaan *tarkasteluksi*, jos sen laadunvalvonta on ympäristöministeriön hyväksymän toimielimen tarkastuksen alainen (BY 50 Betoninormit 2012, 144).

Betonirakenteiden valmistuksen laadunvalvontaan kuuluu betonin ja rakenteiden valmistuksen valvonta. Betonin valmistuksen valvonta käsittää osa-aineita koskevat kokeet, betonin ennakkokokeet ja valmistuksen aikaiset kokeet. Rakenteiden valmistuksen laadunvalvonta kohdistuu muotti- ja tukirakenteisiin, raudoitukseen, betonointiin, tiivistämiseen, jälkihoitoon ja lämpökäsittelyyn (BY50 Betoninormit 2012, 144).

Betonielementtejä valmistavalla yrityksellä tulee olla ohjeistettu menettely elementin valmistuksen aikaisten ja valmiin elementin tarkastusten hoitamiseksi (esim. tarkastuskortti). Tarkastushavainnot tulee kirjata muistiin ja varustaa tarkastajan nimikirjaimilla. Tähän menettelyyn tulee sisällyttää vähintään muotin mittojen ja varustelun, raudoituksen sekä valmiin tuotteen mittojen ja pintojen tarkastusmenettelyt. (Inspecta TR 15.)

Kaikki laadunvalvontakokeiden tulokset merkitään muistiin. Valmisbetonin valmistuksen laadunvalvontaa koskevat asiakirjat säilytetään vähintään kolme vuotta. Muut laadunvalvonta-asiakirjat säilytetään vähintään kahden vuoden ajan rakennuksen käyttöön-otosta laskien. (BY 50 Betoninormit 2012, 144.)

1- ja 2-luokan rakenteiden valmistuksesta tehdään seuraavat muistiinpanot sopivilta osiltaan betonointipöytäkirjan muodossa tai asiakirjat talteen ottamalla:

- rakennustyömaan tai elementtitehtaan tunnustiedot, betonityönjohtajat, betoni-laborantit ja heidän työaikansa
- valmisbetonin kuormakirjat sekä rakennuspaikalla tehtävien kelpoisuuskoekappaleiden tunnuks
- betonointiolosuhteita koskevat tiedot ja niiden vaatimat toimenpiteet



- betonimäärät betonointijaksoittain
- betonointitapa
- betonoinnin alkaminen ja päättyminen, työssä ilmenneet hankaluudet muottien ja tukirakenteiden purkamisajankohta ja sen määrittäminen, betonin jälkihoito, betonin lämpötilan seuranta ja lämpökäsittely
- elementtien käsittely ja varastointi
- muottien ja raudoituksen valvontatoimenpiteet
- elementtien ja raudoitteiden vastaanottotarkastukset
- rakennustarkastajan määräykset
- rakenteiden tarkastukset
- muut tarpeelliset asiat. (BY 50 Betoninormit 2012, 144).

Betonointipöytäkirja voidaan tehdä lomaketta by401 käyttäen (BY 50 Betoninormit 2012, 144).

Ympäristöministeriön hyväksymä toimitus suorittaa valmisbetonin ja elementtien valmistuksen laadunvalvonnan alkutarkastuksen. Alkutarkastuksen tarkoitus on todeta, että henkilöstöllä ja laitteistolla on riittävät edellytykset kunnolliseen valmistukseen ja laadunvalvontaan (BY 50 Betoninormit 2012, 144).

Tämän lisäksi edellä mainittu toimitus suorittaa tavanomaista tarkastusta. Tavanomaisessa tarkastuksessa tarkastetaan ainakin laatujärjestelmä sekä valmistus-, näytteenotto- ja koemenetelmät, kirjatut tiedot, ennakkokokonaisuuksien tulokset, valmistuksen valvonnan koetulokset ja havaitut laatuvaatimukset tarkastusajanjaksolta (BY 50 Betoninormit 2012, 144).

### 3 BETONIN VALMISTUKSEN LAADUNVALVONTA

Betonimassan valmistuksen laadunvalvontaa pitää suorittaa betonin raaka-aineista, betonimassassa ja kovettuneesta betonista. Valmistuksen aikaista laadunvalvontaa suorittaa elementtitehtaan betonilaborantti.

Elementtitehtaalla betonimassassa käytettävän kiviaineksen vaatimuksenmukaisuuden osoitus tulee esittää kahdella seuraavalla tavalla:

1. alkutestauksella
2. tuotannonaikaisella laadunvalvonnalla. (BY 43 Kiviainekset 2008, 34).

Testauksilla varmistetaan kiviaineksen soveltuvuus betonimassaan ja kiviaineksen laatu-  
taso koko valmistusprosessin ajan (BY 43 Kiviainekset 2008, 34). 1.7.2013 voimaan  
tulleen uuden rakennustuoteasetuksen myötä kaikki elementteihin käytettävät kivi-  
ainekset tulee olla CE-merkittyjä.

Mureksen elementtitehtaan yhteydessä olevalla betonilaboratoriolla on tarvittavat lait-  
teet ja menetelmät, joilla voidaan suorittaa taulukon 2 mukaiset testaukset valmistetta-  
valle betonille.

#### 3.1 Kiviaineksen testaaminen

Alkutestauksen tarkoituksena on selvittää kiviainestuetteen soveltuvuus aiottuun käyt-  
tötarkoitukseen eli varmistaa kiviaineksen kyky täyttää käyttötarkoituksen edellyttämät  
vaatimukset. Alkutestauksen tulee kattaa myös kiviaineksen radioaktiivisuuden sekä  
mahdollisten muiden haitallisten aineiden selvittäminen käyttötarkoituksen mukaisesti.  
Alkutestaus tulee suorittaa, jos kiviaineksen otto paikka vaihtuu uuteen eikä toimittajalla  
ole tuloksia tai raaka-aineessa tai tuotantoprosessissa tapahtuu merkittävä muutos,  
jolla on vaikutusta kiviaineksen ominaisuuksiin (BY 43 Kiviainekset 2008, 34). Mures  
Oy:n elementtitehtaalla ei ole alkutestauksiin vaadittavia laitteistoja, joten kokeet suori-  
tetaan ulkopuolisessa testauslaitoksessa. Mures Oy:lle kiviainestatoimittavat yritykset  
kuuluvat myös Inspectan valvonnan alaisuuteen, joten kaikki toimitettavat kiviainekset  
täyttävät CE-merkinnän vaatimuksen.

### 3.2 Tuotannon aikainen laadunvalvonta

Kiviaineksen toimittajan on suoritettava kiviaineksen jatkuvaa laadunvalvontaa tuotannon yhteydessä, jotta kiviainestuotteiden vaatimustenmukaisuus saadaan varmistettua. Elementtitehtaan betonilaborantti varmistaa kiviaineksen toimittajan laatudokumentit ja vaatii toimittajaa suorittamaan laadunvalvontaa tuotannon yhteydessä, jotta laatutaso saadaan pidettyä riittävän korkealla (BY 43 Kiviainekset 2008, 36). Mikäli kiviaineksen tuotannon laadunvalvonnassa huomataan vaatimustenvastainen poikkeama, aiheuttaa se välittömästi kyseisen ominaisuuden näytteenottotaajuuden kaksinkertaistumisen. Kaksinkertaistuminen toteutetaan aina vaatimusten alittuessa myös tapauksissa, joissa näytteenottotaajuutta on jo nostettu. Normaaliin taajuuteen voidaan palata vasta tuotteen laadun ollessa taas vaatimustenmukainen (BY 43 Kiviainekset 2008, 36).

Tehtaalla kiviaineksen vastaanoton yhteydessä betonilaborantti tarkastaa, että kuormakirjasta löytyy vähintään seuraavat tiedot:

- tuotteen toimittaja
- kiviaineksen ottopaikka ja mahdollinen välivarastointipaikka
- kiviaineksen tyyppi
- kiviaineksen nimi
- muu tarpeellinen lisätieto kyseisen kiviaineksen tunnistamiseksi
- toimituspäivänmäärä
- toimituserän massa ja tilavuus
- kuormakirjan numero. (BY 43 Kiviainekset 2008, 37)

Vastaanottotarkastus suoritetaan silmämääräisesti, ja pääasiallisena tarkastuksen kohteena kiviaineksessa on rakeisuus ja epäpuhtaudet. Vastaanottotarkastuksen silmämääräisen tarkastelun antaessa epäilyjä laatutasosta on sovittava ylimääräisistä laaduntarkastuskokeista. (BY 43 Kiviainekset 2008, 37.)

### 3.3 Kiviaineksen valmistus, varastointi, kuormaus ja kuljetuskalusto

Kiviainesta valmistettaessa ja varastoitaessa on käytettävä sellaisia menetelmiä, ettei kiviaines pääse lajittumaan tai likaantumaan (BY 43 Kiviainekset 2008, 46). Kiviaineksen lajittuessa hienempi kiviaines erottuu karkeammasta kiviaineksesta. Kiviaineksen lajittuessa kiviaineksen rakeisuuskäyrä muuttuu, ja näin ollen betoniresepteihin lasketut

rakeisuudet eivät enää pidä paikkaansa. Betoniin käytettävän kiviaineksen rakeisuusvaihtelut saattavat aiheuttaa ominaisuuksien heikkenemistä tuoreessa ja kovettuneessa betonissa. Betonilaborantti joutuu suhteittamaan reseptin uudelleen rakeisuuskäytön muuttumisen takia.

Kiviainekset eivät varastoitaessa saa päästä keskenään sekoittumaan, eikä kiviaines saa päästä sekoittumaan pohjamaan kanssa. Talviolosuhteissa on huolehdittava, että kiviaineksen sekaan ei pääse lunta tai jäätä. Kesällä varastoitaessa kiviaineksen seasta on poistettava suuremmat kivet ja orgaaniset aineet. (BY 43 Kiviainekset 2008, 46.) Kiviaineksen sekaan kuulumattomat komponentit saattavat aiheuttaa vaaditun laatuason heikentymistä betonimassassa. Varastoalueen tulee olla tarpeeksi suuri, jotta eri kivilajit voidaan selkeästi varastoida omiin kasoihin (BY 43 Kiviainekset 2008, 46).

Kuljetuskaluston lavat tulee aina tarkistaa ennen kuormausta. Erityistä huolellisuutta tulee pitää lavojen puhtauden ja puhdistamisen kanssa, jos kalustolla on kuljetettu haitallisia aineita. Kuljetuskaluston puhtaus tuleekin varmistaa erityisen huolellisesti, jos lavalla on kuljetettu sokeria, lannoitetta, suolaa, multaa tai hiiltä, sillä nämä aineet saattavat vaikuttaa haitallisesti jo pieninä pitoisuuksina valmistettavan betonimassan laatuun. (BY 43 Kiviainekset 2008, 47.)

### 3.4 Betonimassan valmistuksen laadunvalvonta

Betoninvalmistuksessa valvonta voidaan jakaa toimenpiteisiin, jotka kohdistuvat osaineisiin, betonin koostumukseen, betonimassaan ja kovettuneeseen betoniin. Betonilaborantti suorittaa laadunvalvontakokeita tuoreeseen betonimassaan ja kovettuneeseen betonimassaan. Laadunvalvonnan tulee pystyä havaitsemaan merkittävät ominaisuuksiin vaikuttavat muutokset ja ryhtyä tarvittaviin korjaaviin toimenpiteisiin. Osaineiden tarkastus- ja testausmenetelmien sekä tarkastusten ja testausten vähimmäismäärien tulee olla taulukon 1 mukaisia (BY 50 Betoninormit 2012, 143).

Taulukko 1. Osa-aineiden valvonnan pääkohdat. (BY 50 Betoninormit 2012, 144-145).

|   | Osa-aine   | Tarkastus/testaus   | Tarkoitus   | Tarkastusten ja testausten vähimmäismäärät   |
|---|--|---|---|--|
| 1 | Sementit   | Kuormakirjan tarkastus ennen purkamista                             | Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja alkuperältään oikeaksi                   | Jokainen toimituserä   |
| 2 | Kiviainekset                                     | Kuormakirjan tarkastus ennen purkamista                             | Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja alkuperältään oikeaksi                   | Jokainen toimituserä   |
|   |  | Kiviaineksen tarkastus ennen purkamista                             | Verrata ulkonäköä rakeisuuden, raemuodon ja epäpuhtauksien osalta                   | Jokainen toimituserä. Hihnan kuljettimella toimitettaessa määrääjain, jotka määräytyvät paikallisten olojen tai toimitusolosuhteiden perusteella   |
|   |  | SFS-EN 933-1 mukainen seula-analyysi                                | Arvioida rakeisuuden standardinmukaisuutta tai muun sovitun luokittelun mukaisuutta | Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi ja josta toimittaja ei ole antanut ko. tietoja. Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyjä määrääjain, jotka määräytyvät paikallisten olojen tai toimitusolosuhteiden perusteella |
|   |  | Epäpuhtauksien testaus  | Arvioida epäpuhtautta aiheuttavat aineet ja niiden määrät                           | Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi ja josta toimittaja ei ole antanut ko. tietoja. Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyjä määrääjain, jotka määräytyvät paikallisten olojen tai toimitusolosuhteiden perusteella |
|   |  | Vedenimeytymisen testaus SFS-EN 1097-6 mukaisesti                   | Määrittää betonin tehollinen vesimäärä  | Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi ja josta toimittaja ei ole antanut ko. tietoja. Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyjä  |
| 3 | Kevyiden tai raskaiden kiviainesten lisävalvonta | Testaus SFS-EN 1097-3 mukaisesti                                    | Mitata irtotiheys   | Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi ja josta toimittaja ei ole antanut ko. tietoja. Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyjä määrääjain, jotka määräytyvät paikallisten olojen tai toimitusolosuhteiden perusteella |
| 4 | Lisäaineet                                       | Kuormakirjan ja kuljetussäiliön etiketin tarkastus ennen purkamista | Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja asianmukaisesti merkityksi               | Jokainen toimituserä   |
|   |  | SFS-EN 934-2 mukainen tunnistus testaus, esim tiheys, infrapuna     | Verrata valmistajan antamiin tietoihin  | Jos aihetta epäilyyn   |

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| 5 | Irtotavarana jauhemuodossa olevat seosaineet | Kuormakirjan tarkastus ennen purkamista  | Varmistaa, että toimitus on tilauksen mukainen ja sen alkuperä on oikea                          | Jokainen toimituserä   |
|   |  | Lentotuhkan hehkutushäviön määrittäminen | Tunnistaa hiilipitoisuuden muutokset, jotka saattavat vaikuttaa huokosilmaa sisältävään betoniin | Jokainen toimituserä, jota käytetään huokosilmaa sisältävään betoniin, jos toimittaja ei ole antanut ko. tietoja |
| 6 | Lisäaineet suspensiona                       | Kuormakirjan tarkastus ennen purkamista  | Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja alkuperältään oikeaksi                                | Jokainen toimituserä   |
|   |  | Tiheyden määrittämien                    | Tasalaatuisuuden varmistaminen   | Jokainen toimituserä ja määräajoin betonin valmistuksen aikana   |
| 7 | Vesi   | SFS-EN 1008 mukainen testaus             | Varmistaa, että vedessä ei ole haitallisia aineita, ellei vesi ole talousvettä                   | Käytettäessä ensimmäisen kerran muuta kuin talousvettä.  |

Taulukko perustuu siihen oletukseen, että osa-aineiden valmistajalla on riittävä laadunvalvonta osa-aineiden tuotantopaikassa ja että osa-aineita toimitettaessa niiden mukana on vaatimustenmukaisuusvakuutus tai vaatimustenmukaisuustodistus, jotka osoittavat, että osa-aineet ovat ao. määrittelyjen mukaisia. Jos näin ei ole, on suositeltavaa, että betonin valmistaja tarkistaa, että materiaalit ovat ao. standardien vaatimusten mukaisia (BY 50 Betoninormit 2012, 143). Betonilaborantti suorittaa päivittäin kokeita liittyen betonin ominaisuuksiin. Betonin valmistusmenetelmien ja betonin ominaisuuksien valvonnan pääkohdat on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Valmistusmenetelmien ja betonin ominaisuuksien valvonta.(BY 50 Betoninormit 2012, 146-147).

|   | Testaus                         | Tarkastus/testaus                          | Tarkoitus   | Vähimmäistiheys  |
|---|---------------------------------|--|---|--|
| 1 | Betonin ominaisuudet            | Alkutestaus                                | Saada näyttö siitä, että ehdotetulla koostumuksella saavutetaan määrittelyn mukaiset ominaisuudet riittävällä marginaalilla | Ennen uuden betonikoostumuksen käyttöönottoa   |
| 2 | Hienojen kiviainesten vesimäärä | Jatkuva mittaus, kuivaustesti tai vastaava | Määrittää kiviaineksen kuivapaino ja lisättävän veden määrä   | Jos ei mitata jatkuvasti, testataan päivittäin. Paikallisista oloista ja sääoloista riippuen voidaan vaatia tätä tiheämpää tai harvempaa testausta |

|    |   |   |  |  |
|----|---|---|--|--|
| 3  | Karkeiden kiviainesten vesimäärä                        | Kuivatesti tai vastaava                                       | Määrittää kiviaineksen kuivapaino ja lisättävän veden määrä                                      | Paikallisista oloista ja sääoloista riippuen   |
| 4  | Betonimassan vesimäärä                                  | Lisätyn veden määrän tarkistus                                | Saada tietoja vesisementtisuhteen määrittämistä varten   | Jokaisesta annoksesta  |
| 5  | Notkeus   | Silmämääräinen tarkistus                                      | Verrata normaaliin ulkonäköön  | Jokaisesta annoksesta  |
|    |   | SFS-EN 12350-2, -3, -4 tai 5 mukainen notkeuden määrittäminen | Arvioida, onko määritellyt notkeusarvot saavutettu ja tarkistaa mahdolliset vesimäärän muutokset | Ilmamäärää määritettäessä jos silmämääräinen tarkistus aiheuttaa epäilyjä  |
| 6  | Betonimassan tiheys                                     | SFS-EN 12350-6 mukainen tiheyden määrittäminen                | Kontrolloida kevytbetonin ja raskasbetonin annostelun ja tiheyden määrittämisen valvontaa        | Päivittäin   |
| 7  | Betonimassan sementtimäärä                              | Annostellun sementtimäärän tarkistaminen                      | Tarkistaa sementtimäärä ja saada tietoja vesisementtisuhteen määrittämistä varten                | Jokaisesta annoksesta  |
| 8  | Betonimassan seosainemäärä                              | Annosteltujen seosainemäärien tarkistaminen                   | Tarkistaa seosainemäärä ja saada tietoja vesisementtisuhteen määrittämistä varten                | Jokaisesta annoksesta  |
| 9  | Betonimassan lisäainemäärä                              | Annosteltujen lisäainemäärien tarkistaminen                   | Tarkistaa lisäainemäärä  | Jokaisesta annoksesta  |
| 10 | Betonimassan vesisementtisuhte                          | Laskemalla tai testaamalla                                    | Arvioida, onko määritetty vesisementtisuhte saavutettu   | Päivittäin, jos on määritetty  |
| 11 | Betonimassan ilmamäärä, jos se on määritetty            | SFS-EN 12350-7 mukainen testaus                               | Arvioida, onko määritetty huokosmäärä saavutettu   | Liitteen 5 mukaisesti  |
| 12 | Betonimassan lämpötila                                  | Lämpötilan mittaaminen  | Arvioida, onko saavutettu alin sallittu lämpötila 5C tai määritetty raja-arvo                    | Jos on aihetta epäilyyn. Silloin kun lämpötila on määritetty: Määräajoin tilanteen mukaan; jokaisesta annoksesta ai kuormasta, jos betonin lämpötila on lähellä raja-arvoa |
| 13 | Kovettuneen kevytbetonin tai raskasbetonin tiheys       | SFS-EN 12390-7 mukainen testaus                               | Arvioida, onko vaadittu tiheys saavutettu  | Silloin kun tiheys on määritetty, yhtä usein kuin puristuslujuuden määrittäminen   |
| 14 | Puristuslujuuden määrittäminen valetusta koekappaleesta | SFS-EN 12390-3:2009 mukainen testaus                          | Arvioida, onko vaadittu lujuus saavutettu  | Silloin kun puristuslujuus on määritetty, yhtä usein kuin vaatimustenmukaisuuden valvonnassa   |

Jos sopimuksessa betonille on esitetty erikoivaatimuksia, pitää laadunvalvonnan toimenpiteitä lisätä taulukoiden 1 ja 2 toimenpiteiden lisäksi, jotta laatu pysyy sallitussa tasossaan. Taulukot 1 ja 2 esitetään kokonaisuudessaan liitteissä.

### 3.5 Tuoreen betonimassan testaus

Tuoreen massan näyte-erä otetaan halliin menevästä betonista ämpärillä, jolla se siirretään näytteenottoastiaan. Näytteet ja kokeet suoritetaan aina samalla tavalla ja samassa järjestyksessä. Kokeiden suorittaminen aloitetaan välittömästi näytteen ottamisen jälkeen, koska betonin liiallinen seisottaminen ämpärissä voi muuttaa koetuloksia. Elementtitehtaalla betonilaborantti suorittaa laadunvalvontaa painuman, ilmamäärän ja tiheyden suhteen käytettävässä tuoreessa betonimassassa.

Betonimassan painumakoe tehdään siihen tarkoitettulla kartiomuotilla. Kartiomuotti asetetaan tasaiselle alustalle ja täytetään betonilla kolmessa kerroksessa käyttäen 16mm:n sulloinsauvaa. Kun kartiomuotin on tiivistetty huolellisesti, se nostetaan ylös hitaasti ja betonimassasta mitataan painuma millimetrin tarkkuudella.

Betonimassan ilmamäärän mittaamiseen on olemassa kaksi menetelmää, vesipatsas- ja painemenetelmä. Tehtaan laboratoriossa on vesipatsasmenetelmään tarkoitettu ja kalibroitu paineastia. Paineastia kalibroidaan kaksi kertaa vuodessa tai useammin, jos on aihetta epäillä laitteen tarkkuutta. Betonimassa laitetaan paineastiaan, minkä jälkeen se tiivistetään huolellisesti. Paineastia suljetaan tiiviisti ja astiaan laitetaan seisolettua vettä venttiilin kautta, jotta astiasta saadaan ylimääräinen ilma pois. Massan koestus suoritetaan paineastian käyttöohjeen mukaisesti, minkä jälkeen paineastiassa oleva mittari ilmoittaa betonimassassa olevan ilmamäärän. Kuvassa 1 on Mureksen laboratoriossa käytössä oleva ilmamäärämittari.





Kuva 1. Ilmamäärämittari.

Betonimassan tiheyden määrittäminen tehdään vesitiiviissä astiassa. Betonimassa tiivistetään astiaan ja punnitaan astian kanssa. Astiana voidaan käyttää ilmamääräkokeissa käytettävää paineastiaa. Astiasta tulee tietää sen tilavuus ja paino, jotta yhteispunnituksessa saadusta tuloksesta voidaan laskea betonimassan tiheys.

Mureksen betonilaborantti tekee jokaisen kokeen jälkeen kirjallisen raportin kokeesta ja saaduista tuloksista. Kokeiden tuloksista pidetään myös Excel-tilukkoa, jossa kokeiden tuloksia on helppo verrata toisiinsa. Kokeista saaduilla tuloksilla seurataan betonimassan laatuoloson pysymistä oikealla tasolla.

### 3.6 Kovettuneen betonin testaaminen

Kovettuneelle betonille tehtävät säilyvyydestit tehdään hyväksytyssä koestuslaitoksessa. Valmistaja voi tehdä betoniin liittyvät lujuuskokeet. Vuosittain tehdään puristuslujuuden testauksen tasotarkastus hyväksytyssä koestuslaitoksessa tarkastuksen suorit-

tajan ohjeiden mukaisesti. Betonin valmistuksen laadunvalvontaa tehdään standardin SFS-EN 206-1 kohdan 9 mukaisesti (BY 50 Betoninormit 2012, 142).

Elementtitehtaalla betonilaborantti ottaa koekappaleihin menevän betonin halliin menevästä massasta. Kappaleen annetaan olla muotissa 12 tuntia, jonka jälkeen se puretaan muotista ja laitetaan koestushuoneeseen tai veteen. Koestushuoneen tai veden lämpötila säädetään 20 asteeseen. Tehtaalla on käytössä 500 litran kokoinen vesisäiliö, jossa on sähköllä toimiva lämpöpatteri. Koekappaleisiin merkitään valmistuspäivä ja muut tarpeelliset tiedot yksilöimään kyseinen kappale. Koekappaletta kuormitetaan tasaisesti lisääntyvällä voimalla aina murtumiseen asti. Kappaleen pintojen tulee olla tasaiset, muuten puristustuloksesta tulee virheellinen. Kappaleen murtumisen jälkeen testauslaite antaa tiedot puristuskokeesta, minkä jälkeen betonilaborantti tekee puristuskoeraportin.

Vedenpitäväksi tarkoitettujen betonilaatujen ryhmien vedenpitävyys testataan ennakokokeilla siten, että valitaan kaksi heikointa vedenpitäväksi tarkoitettua betonia ja testataan niiden vedenpitävyys. Testattaviksi betoneiksi tulee valita heikoimman lujuusluokan ja pienimmän sideainemäärän omaavat betonit. Betoni katsotaan vedenpitäväksi, jos standardin SFS-EN 12390-8 mukaisesti testattu paineellisen veden tunkeutumasyvyys on enintään (100mm) (BY 50 Betoninormit 2012, 143).

### 3.7 Testauslaitteisto

Testauskoneiden oikean toiminnan tarkastus sisältää testauskonestandardin SFS-EN 12390-4 mukaan voiman näytön tarkkuuden, voiman välityksen, levyjen tasomaisuuden ja kuormitusnopeuden säädön kalibroinnit. Lisäksi standardissa on esitetty vaatimuksia kuormituslevyjen kovuudella ja karheudella. Kalibroinnin saa suorittaa vain pätevyyden omaava henkilö. (BY 50 Betoninormit 2012, 142.)

Hyväksytyn ja/tai akkreditoidun testauslaboratorion koneen on oltava luokkaa 1. Muun testauslaboratorion koneen oltava vähintään luokkaa 2 (BY 50 Betoninormit 2012, 142). Mureksen laboratoriossa käytössä oleva testauslaite on luokkaa 1, ja se on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Puristuslujuuden testauslaite.

### 3.8 Koekappalemuotit

Betonin valmistaja voi harkintansa mukaan käyttää joko kalibroituja tai kalibroimattomia koekappalemuotteja. Kalibroituja muotteja käytettäessä koekappaleista tarvitsee ennen testausta määrittää vain perusmitat. Kalibroimattomia muotteja käytettäessä on kaikista koekappaleista määritettävä perusmittojen lisäksi myös suorakulmaisuus ja kuormituspintojen tasomaisuus. Vaatimukset vaihtelevat muottityypeittäin. Yleisesti koekappalemuotit ovat joko muovia tai metallia. (BY 50 Betoninormit 2012, 142.) Mureksella on käytössä muovisia koekappalemuotteja niiden helpon käsittelyn takia (kuva 3).



Kuva 3. Muovinen koekappalemuotti.

Uusia koekappalemuotteja ostettaessa valmistajan on esitettävä muottikohtainen kalibrointitodistus. Laboratoriossa käytössä olevissa koekappalemuoteissa on oltava voimassa oleva kalibrointitodistus. Kalibrointi suoritetaan muottikohtaisesti. Muotin kalibroinnin voi teettää kalibrointivalmiudet omaavalla hyväksytyllä koestuslaitoksella tai betoninvalmistaja voi tehdä sen itse. Jokaisessa kalibroidussa muotissa tulee olla muotin ja sen osat yksilöivät tunnistemerkinnät. Kalibroidun muotin tunnistemerkintä liitetään osaksi koekappaleen tunnusta (BY 50 Betoninormit 2012, 142).

Muotit olisi hyvä kalibroida vähintään kerran vuodessa, mutta ei kuitenkaan useammin kuin 200 käyttökerran välein. Mikäli kalibrointijakson aikana havaitaan, etteivät kalibroidulla muotilla tehdyn koekappaleen nimetyt mitat täytä koekappaleen mittapoikkeamavaatimusta, tulee muotin kunto tarkastaa ja kalibrointi uusida. Muotit voidaan kalibroida myös mittaamalla niihin valetun betonikappaleen mitat. Nimettyjen mittojen mittapoikkeamavaatimukset pyöristetään yhden desimaalin tarkkuudella. Esim.

150mm:n kuution nimetyn mitan ( $d$ ) mittapoikkeamavaatimus 0,25 % tarkoittaa 0,4 mm:ä. Muottipintojen tasomaisuuspoikkeamavaatimukset pyöristetään kahden desimaalin tarkkuuteen. Esim. 150mm:n kuution sivupinnan tasomaisuuspoikkeamavaatimus  $0,0005 d$  tarkoittaa 0,08 mm:ä (BY 50 Betoninormit 2012, 143).

## 4 BETONIELEMENTTIEN VALMISTUKSEN LAADUNVALVONTA

Elementtitehtailla tulee olla kirjallisesti kuvattu tuotannon laadunhallintajärjestelmä. Osa-aineita, laitteita, betonin valmistusmenetelmiä, betonin vaatimuksenmukaisuutta ja toimitusta pitää valvoa ottaen huomioon ohjeistuksen vaatimukset. Valvonnan pitää ottaa huomioon merkittävät muutokset, jotka vaikuttavat tuotteen ominaisuuksiin ja johtavat korjaustoimenpiteisiin (BY 50 Betoninormit 2012, 148).

Valvonnan tulee varmistaa, että elementtien valmistusprosessi ja tuotteiden varastointi ovat hyväksyttävässä kunnossa. Valmistusprosessi tulee pitää laatujärjestelmässä esitetyn kunnossapitojärjestelmän avulla suunnitellussa kunnossa (BY 50 Betoninormit 2012, 148).

Mures Oy:n laadunvalvontaan kuuluu osien laadunvarmistus, työvaiheiden laadunvarmistus, tarkistusmittaukset ja valmiin tuotteen virheettömyyden varmistaminen. Jokainen betonielementti varustetaan yksilöivällä tunnistelapulla (kuva 4), jossa on CE-merkki tai varmennettu FI-merkki (FPC-laatukäsikirja 2016).



Kuva 4. Mureksen käyttämät elementin tunnistelaput.

#### 4.1 Materiaalien vastaanottotarkastukset

Jokainen toimituserä ja sitä yksilöivä dokumentaatio tarkastetaan. Tuotteita, joiden vaatimuksenmukaisuutta ei ole todettu, ei saa käyttää. Betonielementissä käytettävien raudoitteiden tulee olla sertifioituja. Toimitetuissa raudoitenipuissa tulee olla SFS- tai CE-merkki ja jäljitettävissä oleva luvanhaltijan numerotunnus. Betonirakenteiden kuormia siirtävien metalliosien ja nostoankkureiden ominaisuuksien tulee ilmetä varmenne-  
tusta käyttöselosteesta (BY 50 Betoninormit 2012, 147).

Betonirakenteisiin tulevien kuormia siirtävien metalliosien ja nostoankkureiden kelpoisuus katsotaan yleensä hyväksyttäväksi seuraavissa tapauksissa:

- niistä on todettu tehdyksi laadunvalvontasopimus valtion teknillisen tutkimuskeskuksen kanssa, tai
- niiden valmistajan laadunvalvonta on ympäristöministeriön hyväksymän toimielimen jatkuvan valvonnan alaista. ( BY 50 Betoninormit 2012, 167).

Muussa tapauksessa kelpoisuus todetaan rakenteiden valmistuspaikkakohtaisten kokeiden perusteella hyväksytyssä koestuslaitoksessa (BY 50 Betoninormit 2012, 167).

Yrityksellä tulee olla tiedot tarkastajaa varten, joiden nojalla kuormansiirtorakenteiksi tarkoitetut metalliosat pystytään toteamaan tehdyksi laadunvalvontasopimuksen valvonnassa olevassa tuotantolaitoksessa tai metalliosille on tehty edellä mainitut kelpoisuuskokeet (BY 50 Betoninormit 2012, 167).

#### 4.2 Elementin valmistuksen laadunvalvonta

Elementtitehtaalla betonityönjohtaja valvoo elementtien valmistuksen aikana, että muo-  
teista, raudoituksista, betonitöistä ja betonielementtiin tulevissa osissa noudatetaan mittatarkkuuksia sekä muita annettuja ohjeita (BY 50 Betoninormit 2012, 148).


Betonimassan laatua valvotaan myös sen levityksen aikana käytettävyyden ja notkeuden kannalta. Betonimassan käyttäytymisessä voi olla suuriakin heittoja, jos kiviaines on märkää tai massassa käytettävä sementti on tuoretta. Betonimylläri arvioi mittareiden avulla betonimassaan tehtävät taktiset muutokset, jotta betonista saataisiin riittävän notkea ja työstettävää laatuvaatimuksien rajoissa (BY 50 Betoninormit 2012, 148).

Elementtien laadunvalvontaa suoritetaan koko elementin valmistuksen ajan. Elementtien valmistus alkaa tutustumalla työnjohtajan antamiin valmistusdokumentteihin. Ensimmäiseksi elementtityöntekijät tarkastavat valmistuspiirustuksen ja laadunvarmistuskortin revisioiden yhtenevyyden. Elementtimuotti kootaan valmistuspiirustusten mukaisesti teräsmuottipöydälle. Muotin kokoamisen jälkeen muotista tarkastetaan vähennyksien ja aukkojen mitat sekä reuna ja ristimitat. Elementissä olevien ikkunoiden ja ovien sijainnit tarkistetaan myös. Tarkastusmittausten jälkeen elementtityöntekijät kuittaavat muottivaiheen tehdyksi elementin laadunvarmistuskorttiin. Muottityövaiheen jälkeen, elementistä riippuen, suoritetaan joko pintahidastimen tai muottiöljyn levitys teräsmuottipöydälle. Kun muotti on kunnossa, muotille suoritetaan valmistuskuvan mukainen pohjavarustelu, jossa muottiin lisätään mahdolliset varaukset, valuankkurit ja sähkötarvikkeet. Pohjavarustelun jälkeen muottiin asennetaan raudoitusverstaan valmistamat raudoitteet. Raudoituksessa kiinnitetään erityistä huomiota terästen suojaetäisyyksiin. Raudoitusvaiheen jälkeen elementin varustelu suoritetaan loppuun. Elementin tekijät tarkastavat muotin, raudoituksen ja varustelun työvaiheet sekä pyytävät työnjohtajaa tarkastamaan elementin betonointia varten.

Elementtityöntekijät kuittaavat (kuva 5) esitetyn laadunvarmistuskortin omalta osaltaan tehdyksi aina jokaisen työvaiheen jälkeen. Tämän vaiheen jälkeen työnjohtaja tarkastaa elementin yhtenevyyden elementtipiirustukseen. Vasta valuluvan saatuaan valuryhmällä on lupa aloittaa betonointi. Betonoinnin jälkeen betoninlevittäjä ja pinnantekijä kuittaavat omat työvaiheensa suoritetuiksi. Työnjohtaja valvoo koko betonoinnin ajan tapahtuvia työmenetelmiä ja betonin laatua ja lopuksi työnjohtaja tarkastaa pinta-asennukset ja pinnan laadun. Betonoinnin jälkeen laadunvarmistuskortti laitetaan lokeriin odottamaan seuraavana aamuna tapahtuvaa purkua ja viimeistelytarkastusta.



## ELEMENTIN LAADUNVARMISTUSKORTTI

| Kohteen ja elementin tiedot:  |                          |                          |                          |                          |                          |                            |                          |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Kohteen numero:   |                          | Kohteen nimi:            |                          |                          |                          |                            |                          |                          |
| 89  |                          | As Oy Kettukuja          |                          |                          |                          |                            |                          |                          |
| Elementtitunnus:  |                          | Piirustusversio:         |                          | Muottinumero:            |                          | Valmistuspäivämäärä:       |                          |                          |
| V6301   |                          |                          |                          | 9                        |                          |                            |                          |                          |
| Betonin kuormakirja 1:  |                          | Betonin kuormakirja 2:   |                          | Betonin kuormakirja 3:   |                          | Betonin kuormakirja 4:     |                          |                          |
|   |                          |                          |                          |                          |                          |                            |                          |                          |
| Työvaihetarkastukset:   |                          |                          |                          |                          |                          |                            |                          |                          |
| TYÖ-<br>VAIHEET   | TEHTY                    |                          | TEKIJÄN NIMIKIRJAIMET    |                          | TARKASTETTU              |                            | TARKASTAJAN              |                          |
|   | Osa 1:                   | Osa 2:                   | Osa 1:                   | Osa 2:                   | Osa 1:                   | Osa 2:                     | Osa 1:                   | Osa 2:                   |
| Muotti  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Raudoitus   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Varustelu   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Eristys   |                          | <input type="checkbox"/> |                          | <input type="checkbox"/> |                          | <input type="checkbox"/>   |                          | <input type="checkbox"/> |
| Betonointi  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Pintatyöt   | <input type="checkbox"/> |                          | <input type="checkbox"/> |                          | <input type="checkbox"/> |                            | <input type="checkbox"/> |                          |
| Purkulujuus:  |                          |                          |                          |                          |                          |                            |                          |                          |
| MITTAUSTULOS:   |                          | Arvo (1 desim.):         |                          | Kellonaika (tt:mm):      |                          |                            |                          |                          |
|   |                          |                          |                          |                          |                          |                            |                          |                          |
| Mitattu:  |                          | Mittaajan nimikirjaimet: |                          | Tarkastettu:             |                          | Tarkastajan nimikirjaimet: |                          |                          |
| <input type="checkbox"/>  |                          |                          |                          | <input type="checkbox"/> |                          |                            |                          |                          |
| Viimeistelytarkastus:   |                          |                          |                          |                          |                          |                            |                          |                          |
| TYÖVAIHE:   | Tehty:                   | Tekijän nimikirjaimet:   |                          | Tarkastettu:             |                          | Tarkastajan nimikirjaimet: |                          |                          |
| Viimeistely   | <input type="checkbox"/> |                          |                          | <input type="checkbox"/> |                          |                            |                          |                          |
| Lisätietoja tai jotain huomautettavaa elementissä:  |                          |                          |                          |                          |                          |                            |                          |                          |
|   |                          |                          |                          |                          |                          |                            |                          |                          |
|  <div style="float: right;"> Valulupa 1 <input type="checkbox"/><br/> Valulupa 2 <input type="checkbox"/> </div> |                          |                          |                          |                          |                          |                            |                          |                          |

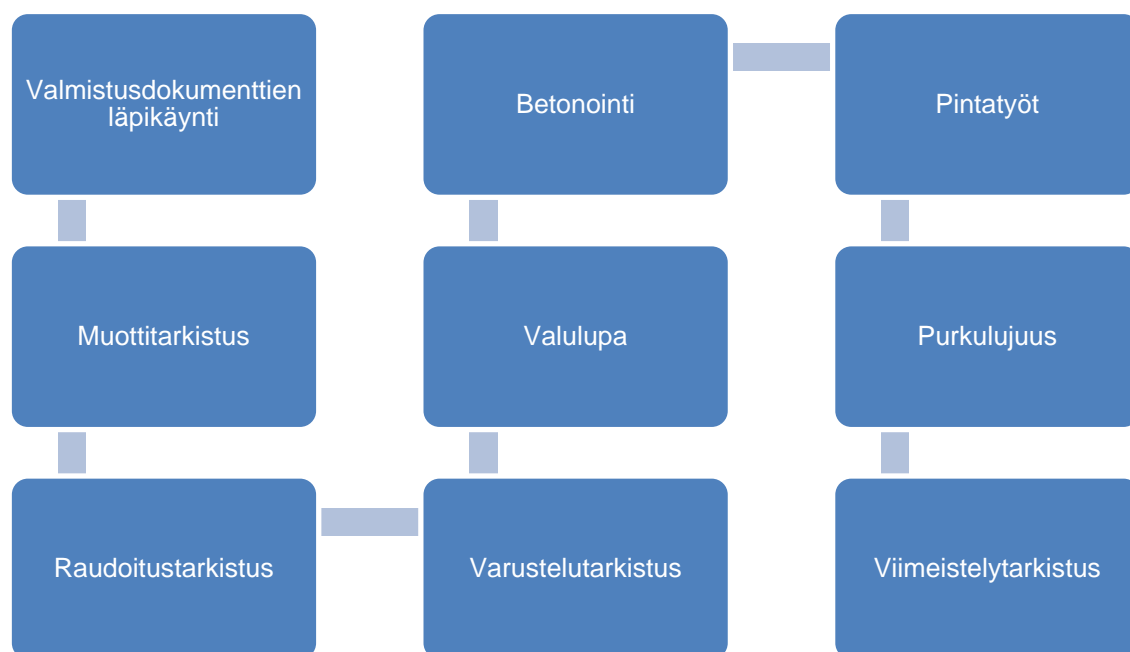
Kuva 5. Elementin laadunvarmistuskortti.

Seuraavana aamuna elementin muotti puretaan ja elementistä testataan betonin lujuus käyttäen kimmovasaraa. Riittävän lujuuden saavuttanut elementti nostetaan pöydältä ja kuljetetaan viimeistelytarkastusta varten pesupukeille. Elementti pestään korkeapainepesurilla ja elementistä poistetaan mahdolliset kotelot ja varaukset. Viimeistelijä tarkastaa elementin yhtenevyyden valmistuskuvaan, tekee tarvittavat korjaukset ja kuittaa elementin viimeistelyn valmiiksi. Tarkastuskortit arkistoidaan työmaa- ja tyyppikohtaisesti kansioihin.

Yrityksen käytössä oleva elementin laadunvarmistuskortti on keskeinen osa koko yrityksen laadunvalvontaa. Lähes jokainen virheellinen elementti olisi voitu huomata ennen työmaalle lähetystä, jos laadunvarmistuskorttia osattaisiin käyttää oikeaoppisesti.

Kuviossa 1 esitetään Mureksen elementtien laadunvarmistusprosessi. Elementin laadunvarmistuskorttia täytetään jokaisen prosessin tarkistusvaiheen yhteydessä, lukuun ottamatta valmistusdokumenttien läpikäyntiä.

Kuvio 1. Laadunvarmistusprosessin tarkistusmenetelmät.



#### 4.3 Valmistettujen elementtien laadunvalvonta

Tehtaan tuotannonohjausjärjestelmä Betele valitsee satunnaisesti päivän valmistettavista elementeistä joka kymmenennen ja laittaa merkinnän laadunvarmistuskorttiin,

josta viimeistelyosasto tietää, mitkä elementit tarvitsee mittatarkistaa. Elementeistä mitataan ulkomitat ja ristimitta. Mittaustulokset merkitään elementin laadunvarmistuskorttiin. Mitattuja arvoja verrataan valmistuspiirustusten mittoihin ja tarkastetaan, että mitat eivät poikke toisistaan sallittuja toleransseja enempää (FPC-laatukäsikirja 2016).

Kaikkien elementtien, lukuun ottamatta rasisitusluokkiin X0 ja XC1 kuuluvia, betonipeitevaatimusten täyttyminen tulee varmistaa elektronisen etäisyysmittarin avulla tai muulla soveltuvalla menettelyllä vähintään kerran viikossa yhdestä elementistä (Inspecta TR 15) Nämä rasisitusluokat sisältävät kaikki sellaiset elementit, joiden raudoituksessa on käytetty mustaa rautaa ja ovat säälle alttiita. Tyypillisiä tällaisia elementtejä ovat parvekelaatat, parvekeväliseinät ja parvekepilarit. Mittauksessa saadut suojabetonin minimi- ja maksimiarvot kirjataan erilliselle terästen etäisyysmittaukset -valvontalapulle.

#### 4.4 1-luokan erityisvaatimukset

1-luokkaan kuuluvan rakenteen valmistajalla tulee olla kirjallisesti kuvattu laadunvarmistusjärjestelmä, jolla varmistetaan, että kapasiteettia pienentävät raudoituksen ja betoninpoikkileikkauksen mittapoikkeamat pysyvät sallituissa rajoissa. Raudoituksen ja rakenteiden mittavirheiden toleranssit on yleensä merkitty elementtisuunnitelmiin. Ankurointi- jatkos- ja tartuntapituudet saavat alittua korkeintaan 20mm:ä, jos kyseessä on yli 16mm:ä halkaisijaltaan oleva terästanko. Pilarien ja seinien akselin käyryys saa korkeintaan olla 0,3 % (By 50 betoninormit 2012, 148).

## 5 LAADUNVALVONNASSA ESILLE NOUSSEET VIRHEET

Mures Oy:n laadunvalvonnassa mahdollisien poikkeamatilanteiden varalle on varauduttu prosessikuvauksin, reklamaatiokäytännöillä ja työntekijöiden ohjeistuksilla. Poikkeamien dokumentointikäytännöt riippuvat poikkeamasta aiheutuneen laatu- tai turvallisuusriskin suuruudesta ja viranomais määräyksistä. Poikkeamiksi katsotaan kaikki sellaiset asiat valmiissa elementissä, jotka eivät ole suunnitelmien mukaisia. Elementti-työntekijät on veloitettu raportoimaan työnjohdolle havaitsemistaan poikkeamatilanteista (FPC-laatukäsikirja 2016). Laadunvalvonnassa esiin tulleet virheet ovat löytyneet tarkastelujakson aikana. Tarkastelujakso on rajattu opinnäytetyön materiaalin keräysprosessin ajalle, eli 1 kuukauden pituiseksi.

### 5.1 Poikkeamat vastaanotetuissa materiaaleissa

Kuukauden tarkastelujakson aikana havaitut yleisimmät poikkeamat vastaanotetuissa tuotteissa olivat sertifikaattimerkintöjen puuttuminen, joita ilman ei voida varmistua tuotteelle määritetyistä ehdoista ja määräyksistä. Merkintöjen puuttuessa kyseistä tuotetta ei tule käyttää elementin valmistukseen. Jos elementin valmistukseen tarkoitetuissa tuotteissa havaitaan poikkeamia, tulee asiasta reklamoida välittömästi tuotteentoimittajaa.

### 5.2 Sisäinen poikkeama

Yrityksen laatu järjestelmän tavoitteena on vähentää virheiden määrää elementtien valmistuksessa ja havaita mahdollisesti syntyneet poikkeamat ennen työmaalle lähettämistä. Valmistetuille elementeille tehdään mitta- ja silmä määräistarkastuksia, joiden tarkoituksena on havaita poikkeamat. Elementti, jossa havaitaan poikkeama, merkitään selkeästi punaisella muovilapulla, ennen kuin se siirretään välivarastoon odottamaan toimenpiteitä. Poikkeamasta kirjoitetaan merkintä elementin laadunvarmistuskorttiin. Poikkeama käsitellään työnjohdon ja tekijän kanssa, ja heidän kanssaan päätetään, kuinka poikkeama korjataan. Tarkastelujakson aikana ei ollut tarkoitus määrällisesti

laskea syntyneiden poikkeamien määrää, vaan saada selkeä kuva, missä työvaiheissa virheitä pääsee laadunvalvonnan läpi.

Mureksen elementtitehtaalla tehdyt havainnot poikkeamissa tarkastelujakson aikana:

- elementin ulkomittojen ja aukkojen mittavirheet
- varauksien, tartuntojen ja sähköosien sijainnin mittavirheet
- elementtipiirustuksen tulkintavirhe
- terästen suojaetäisyyksien toleranssit
- eristetyn elementin huono eristys
- väärä valmistuskuva.

Havaitut poikkeamat valmistetuissa elementeissä eivät aiheuttaneet suuria korjaustoimenpiteitä lukuun ottamatta yhtä elementtiä, joka valmistettiin väärällä valmistuskuvala. Suurin osa havaituista poikkeamista pystytään edullisesti ja nopeasti korjaamaan heti seuraavana päivänä. Tyypillisin poikkeama havaintojen ja kokemuksen perusteella on selkeästi sähköosien sijainnin mittavirheet.

Jos poikkeaman epäillään vaikuttavan elementin rakenteellisiin ominaisuuksiin alentavasti, pitää asiasta ilmoittaa asiakkaalle ja rakennesuunnittelijalle. Asiakkaan ja rakennesuunnittelijan kanssa keskustellaan vaihtoehtoisista muutos- ja korjaustoimenpiteistä. Elementtiin tehtävät muutokset pitää aina hyväksyttää rakennesuunnittelijalla.

### 5.3 Ulkoinen poikkeama

Yrityksen laatujärjestelmän päätavoitteena on pyrkiä virheettömyyteen elementtien valmistamisessa. Toimivan laatujärjestelmän laadunvalvonnan läpi pääsee kuitenkin vain harvoin virheellisiä elementtejä. Virheelliset elementit pyritään aina havaitsemaan viimeistään seuraavana aamuna, kun elementti on valmistettu ja elementille ollaan suorittamassa viimeistelytarkastusta.

Kun työmaalla huomataan suunnitelmien vastainen elementti, työmaa lähettää kirjallisen reklamaation tuotannonjohtajalle tai toimitusjohtajalle virheen suuruudesta riippuen. Virheen laajuus ja vakavuus arvioidaan reklamaation perusteella. Jos reklamaatio on tehtaan mielestä aiheeton, reklamaatioon pyydetään lisäselvitystä. Reklamaatio lähetetään sähköisessä muodossa käyttäen siihen suunniteltua reklamaatiolomaketta tai vaihtoehtoisesti sähköpostilla. Reklamaatio käydään työnjohdon kanssa läpi ja sit-

ten vasta mahdollisesti tiedossa olevan työntekijän kanssa, jotta virheellinen työtapa saadaan eliminoidua. Reklamaatioon vastataan ja työmaan henkilöstön kanssa aloitetaan neuvottelut mahdollisista korjausmenetelmistä.

Tyypillisiä korjausmenetelmiä ovat olleet

- tehdas lähettää oman paikkaajan työmaalle korjaamaan virheen
- työmaa korjaa virheen itse
- työmaa tilaa ulkopuolisen urakoitsijan korjaamaan virheen
- elementti toimitetaan tehtaalle takaisin korjattavaksi
- valmistetaan uusi elementti.

Ensisijaisesti elementti pyritään aina korjaamaan tehtaan viimeistelyosastolla, mutta jos virhe on liian laaja ja sen korjaamiseen kuluu enemmän työtunteja kuin uuden elementin valmistamiseen, on kustannustehokkaampaa valmistaa elementti uudelleen.

#### 5.4 Betonin laadunvalvonnan poikkeamat

Betonin puristuslujuutta tai muita ominaisuuksia epäiltäessä on turvauduttava lisäkokeisiin, joilla varmistetaan betonille asetetuista vaatimuksista. Elementistä voidaan esim. porata 100mm:ä halkaisijaltaan olevia lieriömäisiä koekappaleita, joita koestamalla ja tutkimalla saadaan varmuus betonin ominaisuuksista.

Betonin laadunvalvonnan aikana havaittavia poikkeamia tehtaalla ovat olleet:

- betonimassan huono työstö
- tiivistäminen
- pinnan huono tasoitus.

Kaikki havaitut virheet aiheuttavat virheellisiä puristuslujuustuloksia, jotka taas vaikuttavat betoniperhe-ohjelmassa poikkeamatilanteita. Kaikki puristuslujuuskokeet ovat kuitenkin täyttäneet vaaditut määräykset, vaikka tuloksissa on havaittavissa pientä hajontaa. Tehtaalle ei ole koskaan tullut yhtäkään reklamaatiota koskien betonin ominaisuuksia.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä perehdyttiin betonielementtien valmistusprosessin aikaiseen laadunvalvontaan Mures Oy:n betonielementtitehtaassa. Laadunvalvonnan pääperiaatteita selvitettiin kirjallisuuden sekä tehtaan tämänhetkisen laatukäsikirjan avulla, joita verrattiin tehtaalta käytännössä toteutettavaan laadunvalvontaan. Tehtaalta tehtiin havaintoja työvaiheista ja toimintatavoista koko elementin valmistusprosessin aikana. Ennen työn aloitusta oli jo selvillä ne laadunvalvonnan vaiheet, joissa on mahdollisesti parantamisen varaa, joten päädyin tarkastelemaan erityisesti näitä vaiheita.

Havaintojen perusteella yksi suuri syy käyttökelvottomalle elementille oli se, että elementti oli valmistettu väärällä valmistuskuvalla. Elementtipöydillä saattaa välillä pyöriä päiviä tai jopa viikkoja vanhoja valmistuskuvia, joissa ulkomitat ovat lähes identtisiä sinä päivänä valmistettavan elementin mittojen kanssa. Työntekijät tuntuvat pitävän laadunvarmistuskortin täyttämistä turhana välivaiheena päivän työssä. Työntekijät eivät tarkasta omaa elementtiään vaan kuittaavat sen suoraan valmiiksi. Ongelmakohtaksi on muodostunut elementin viimeistelytarkastuksen kuittaus työntekijän ja työnjohtajan toimesta. Suurin syy laiminlyönnille tarkastuskorttien oikeaoppisessa täyttämisessä ja sen edellyttävissä vaiheissa on ollut resurssipula ja kiire. Työnjohtajan kannalta laadunvarmistuskortin täyttäminen vaiheittain tapahtuu oikeaoppisesti, koska esimerkiksi ilman välivaiheiden tarkastusta valuryhmä ei saa aloittaa elementin täyttämistä betonilla. Elementin rakenteelliset virheet tulisi huomata valuluvan tarkastuksen yhteydessä, mutta liiallisen kiireen seurauksena ajatukset saattavat harhailla ja työnjohtaja kuittaa virheellisen elementin valmiiksi. Elementin tarkastamiseen tulisi varata vähintään 10 minuuttia aikaa, jotta työnjohtaja ehtisi tutustumaan piirustukseen ja ottamaan tarkastusmittaukset elementistä.

Liiallisen kiireen ja resurssipulan takia on alettu myös luistaa sovitusta menetelmästä, joilla laadukkaan tuotannon saisi toteutettua. Yrityksen laatukäsikirja pitää sisällään kattavan tietopaketin siitä, kuinka elementtien valmistuksen ja laadunvalvonnan pitäisi tapahtua. Laatukäsikirjaan suunniteltuja laadunvalvonnan toimenpiteitä otetaan jatkossa uudelleen käyttöön, ja niitä on tarkoitus kehittää tämänhetkisen tuotannon tarpeisiin paremmin soveltuviksi. Työntekijöiden kuittauksia laadunvarmistuskorttiin aloitetaan opastamaan siten, että työparit tarkastavat toistensa elementit ja kuittaavat vasta sitten omat elementtinsä omasta puolestaan valmiiksi. Viimeistelytarkastuksessa työnjohtaja

käy viimeistelijän kanssa edellisen päivän tuotannon elementit läpi silmämääräisesti ja ottavat satunnaisesti mittatarkastuksia.



## LÄHTEET

BY 50 Betoninormit 2012. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y.

BY 43 Kiviainekset 2008. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y.

BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2004. Helsinki, Suomen Betoniyhdistys r.y.

Mures Oy 2016. Laatu. Viitattu 23.5.2016 <http://www.mures.fi/index.html>.

## Osa-aineiden valvonta

|    | Osa-aine   | Tarkastus/testaus   | Tarkoitus  | Tarkastusten ja testausten vähimmäismäärät  |
|----|--|---|--|---|
| 1  | Sementit <sup>a</sup>                            | Kuormakirjan tarkastus <sup>d</sup> ennen purkamista                | Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja alkuperältään oikeaksi                                | Jokainen toimituserä  |
| 2  | Kiviainekset                                     | Kuormakirjan tarkastus <sup>b,d</sup> ennen purkamista              | Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja alkuperältään oikeaksi                                | Jokainen toimituserä  |
| 3  |  | Kiviaineksen tarkastus ennen purkamista                             | Verrata ulkonäköä rakeisuuden, raemuodon ja epäpuhtauksien osalta normaaliin                     | Jokainen toimituserä<br>Hihnakuljettimella toimitettaessa määrääjain, jotka määräytyvät paikallisten olojen tai toimitusolosuhteiden perusteella  |
| 4  |  | SFS-EN 933-1 mukainen seula-analyysi                                | Arvioida rakeisuuden standardin mukaisuutta tai muun sovitun luokittelun mukaisuutta             | Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi ja josta toimittaja ei ole antanut ko. tietoja<br>Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyä<br>Määrääjain, jotka määräytyvät paikallisten olojen tai toimitusolosuhteiden perusteella <sup>e</sup> |
| 5  |  | Epäpuhtauksien testaus  | Arvioida epäpuhtautta aiheuttavat aineet ja niiden määrät  | Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi ja josta toimittaja ei ole antanut ko. tietoja<br>Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyä<br>Määrääjain, jotka määräytyvät paikallisten olojen tai toimitusolosuhteiden perusteella <sup>e</sup> |
| 6  |  | Vedenimeytymisen testaus SFS-EN 1097-6 mukaisesti                   | Määrittää betonin tehollinen vesimäärä   | Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi ja josta toimittaja ei ole antanut ko. tietoja<br>Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyä  |
| 7  | Kevyiden tai raskaiden kiviainesten lisävalvonta | Testaus SFS-EN 1097-3 mukaisesti                                    | Mitata irtotiheys  | Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi ja josta toimittaja ei ole antanut ko. tietoja<br>Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyä<br>Määrääjain, jotka määräytyvät paikallisten olojen tai toimitusolosuhteiden perusteella <sup>e</sup> |
| 8  | Lisäaineet <sup>c</sup>                          | Kuormakirjan ja kuljetussäiliön etiketin tarkastus ennen purkamista | Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja asianmukaisesti merkityksi                            | Jokainen toimituserä  |
| 9  |  | SFS-EN 934-2 mukainen tunnistustestaus, esim. tiheys, infrapuna     | Verrata valmistajan antamiin tietoihin   | Jos on aihetta epäilyyn   |
| 10 | Irtotavarana jauhe-muodossa olevat seosaineet    | Kuormakirjan <sup>a</sup> tarkastus ennen purkamista                | Varmistaa, että toimitus on tilauksen mukainen ja sen alkuperä on oikea                          | Jokainen toimituserä  |
| 11 |  | Lentotuhkan hehkutushäviön määrittäminen                            | Tunnistaa hiilipitoisuuden muutokset, jotka saattavat vaikuttaa huokosilmaa sisältävään betoniin | Jokainen toimituserä, jota käytetään huokosilmaa sisältävään betoniin, jos toimittaja ei ole antanut ko. tietoja  |
| 12 | Lisäaineet suspensiona <sup>c</sup>              | Kuormakirjan <sup>a</sup> tarkastus ennen purkamista                | Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja alkuperältään oikeaksi                                | Jokainen toimituserä  |
| 13 |  | Tiheyden määrittäminen  | Tasalaatuisuuden varmistaminen   | Jokainen toimituserä ja määrääjain betonin valmistuksen aikana  |
| 14 | Vesi   | SFS-EN 1008 mukainen testaus  | Varmistaa, että vedessä ei ole haitallisia aineita, ellei vesi ole talousvettä                   | Käytettäessä ensimmäisen kerran muuta kuin talousvettä<br>Jos on aihetta epäilyyn   |

<sup>a</sup> On suositeltavaa, että näytteet otetaan kerran viikossa jokaisesta sementtityypistä ja varastoidaan testattavaksi, jos on aihetta epäilyyn.

<sup>b</sup> Kuormakirjassa tai tuotetiedoissa tulee olla tieto suurimmasta kloridipitoisuudesta sekä luokittelusta alkali-piihapporeaktion suhteen betonin käyttöpaikalla voimassa olevien määräysten mukaisesti.

<sup>c</sup> On suositeltavaa, että näytteet otetaan jokaisesta toimituserästä ja varastoidaan.

<sup>d</sup> Kuormakirjassa tai sen yhteydessä tulee olla ko. standardin tai määrittelyn vaatimusten mukainen vaatimustenmukaisuusvakuutus tai vaatimustenmukaisuustodistus.

<sup>e</sup> Ei ole tarpeen, jos kiviaineksen laadunvalvonta on varmennettu.

(By50 Betoninormit 2012)

## Valmistusmenetelmien ja betonin ominaisuuksien valvonta

|    | Testaus                          | Tarkastus/testaus   | Tarkoitus   | Vähimmäistiheys  |
|----|----------------------------------|---|---|--|
| 1  | Betonin ominaisuudet             | Alkutestaus   | Saada näyttö siitä, että ehdotetulla koostumuksella saavutetaan määrittelyn mukaiset ominaisuudet riittävällä marginaalilla | Ennen uuden betonikoostumuksen käyttöönottoa   |
| 2  | Hienojen kiviainesten vesimäärä  | Jatkuva mittaus, kuivaustesti tai vastaava                                  | Määrittää kiviaineksen kuivapaino ja lisättävän veden määrä   | Jos ei mitata jatkuvasti, testataan päivittäin. Paikallisista oloista ja sääoloista riippuen voidaan vaatia tätä tiheämpää tai harvempaa testausta |
| 3  | Karkeiden kiviainesten vesimäärä | Kuivaustesti tai vastaava   | Määrittää kiviaineksen kuivapaino ja lisättävän veden määrä   | Paikallisista oloista ja sääoloista riippuen   |
| 4  | Betonimassan vesimäärä           | Lisätyn veden määrän tarkistus <sup>a</sup>                                 | Saada tietoja vesi-sementtisuhteen määrittämistä varten   | Jokaisesta annoksesta  |
| 5  | Betonin kloridipitoisuus         | Alkutestaus laskemalla  | Varmistaa, ettei suurinta kloridipitoisuutta ylitetä  | Alkutestauksessa jos osa-aineiden kloridipitoisuus on lisääntynyt  |
| 6  | Notkeus                          | Silmämääräinen tarkastus  | Verrata normaaliin ulkonäköön   | Jokaisesta annoksesta  |
| 7  |                                  | SFS-EN 12350-2, -3, -4 tai -5 mukainen notkeuden määrittäminen <sup>c</sup> | Arvioida, onko määritellyt notkeusarvot saavutettu ja tarkistaa mahdolliset vesimäärän muutokset                            | Ilmamäärää määritettäessä Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyä   |
| 8  | Betonimassan tiheys              | SFS-EN 12350-6 mukainen tiheyden määrittäminen                              | Kontrolloida kevytbetonin ja raskasbetonin annostelun ja tiheyden määrittämisen valvontaa                                   | Päivittäin   |
| 9  | Betonimassan sementtimäärä       | Annostellun <sup>a</sup> sementin määrän tarkistaminen                      | Tarkistaa sementtimäärä ja saada tietoja vesi-sementtisuhteen määrittämistä varten  | Jokaisesta annoksesta  |
| 10 | Betonimassan seosainemäärä       | Annosteltujen <sup>b</sup> seosaineiden määrän tarkistaminen                | Tarkistaa seosainemäärä ja saada tietoja vesi-sementtisuhteen määrittämistä varten  | Jokaisesta annoksesta  |
| 11 | Betonimassan lisäainemäärä       | Annosteltujen <sup>a</sup> lisäaineiden massan tai tilavuuden tarkistaminen | Tarkistaa lisäainemäärä   | Jokaisesta annoksesta  |
| 12 | Betonimassan vesi-sementtisuhte  | Laskemalla tai testaamalla  | Arvioida, onko määritelty vesi-sementtisuhte saavutettu   | Päivittäin, jos on määritelty  |

|  |  |   |   |  |
|--|--|---|---|--|
| 13   | Betonimassan<br>ilmamäärä, jos<br>se on<br>määritelty                  | SFS-EN 12350-7<br>mukainen testaus              | Arvioida, onko määritelty<br>huokosilmamäärä<br>saavutettu                            | Liitteen 5 mukaisesti  |
| 14   | Betonimassan<br>lämpötila  | Lämpötilan<br>mittaaminen                       | Arvioida, onko saavutettu<br>alin sallittu lämpötila 5 °C<br>tai määritelty raja-arvo | Jos on aihetta epäilyyn<br>Silloin kun lämpötila on<br>määritelty:<br>- määrääjain tilanteen<br>mukaan;<br>- jokaisesta annoksesta<br>tai kuormasta, jos<br>betonin lämpötila on<br>lähellä raja-arvoa |
| 15   | Kovettuneen<br>kevytbetonin<br>tai<br>raskasbetonin<br>tiheys          | SFS-EN 12390-7 <sup>b</sup><br>mukainen testaus | Arvioida, onko vaadittu<br>tiheys saavutettu  | Silloin kun tiheys on<br>määritelty, yhtä usein kuin<br>puristuslujuuden määrittäminen   |
| 16   | Puristus-<br>lujuuden<br>määrittäminen<br>valetuista<br>koekappaleista | SFS-EN 12390-<br>3:2009 mukainen<br>testaus     | Arvioida, onko vaadittu<br>lujuus saavutettu  | Silloin kun puristuslujuus<br>on määritelty, yhtä usein<br>kuin<br>vaatimustenmukaisuuden<br>valvonnassa   |
| <sup>a</sup> Jos ei käytetä tulosten automaallista kirjausta ja annoksen tai kuorman annostelun sallitut poikkeamat ylittyvät, valmistustietoihin kirjataan annosteltu määrä.<br><sup>b</sup> Voidaan testata myös vedellä kyllästetyssä tilassa, jos tunnetaan luotettavasti tulosten ja uunikuivan tilan tiheyden välinen riippuvuus.<br><sup>c</sup> Itsetiivistyvän betonin notkeus määritetään liitteessä 6 kohdassa 1.3 esitettyillä menetelmillä. |  |   |   |  |

(By50 Betoninormit 2012)